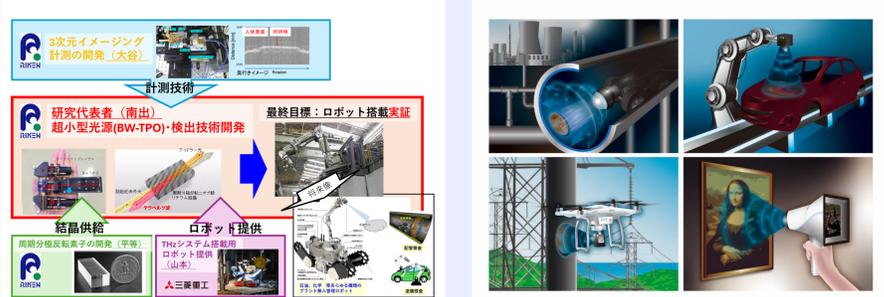
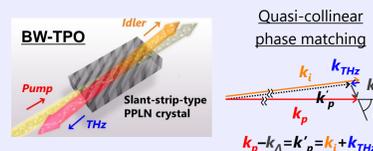
超小型ロバスト テラヘルツ波イメージング装置の研究開発

研究代表者｜南出 泰亜(理化学研究所)
研究分担者｜大谷 知行(理化学研究所), 平等 拓範(理化学研究所), 山本 修作(三菱重工業)
理化学研究所
三菱重工

本研究の概要と目的

本研究の全体像

将来展開予想図

本研究では、**ロボット搭載可能なテラヘルツ波イメージングの達成を最終目的**とし、**独自のバックワード・テラヘルツ波パラメトリック発振(BW-TPO)を基軸**とした、

(1) 超小型非線形光学テラヘルツ波光源
(2) テラヘルツ波・アップコンバージョン検出
(3) テラヘルツ波イメージング計測
(4) テラヘルツ波用周期分極反転非線形光学結晶
(5) ロボット搭載

に関する研究を実施している。最終的には試作した超小型ロバストテラヘルツ波装置をロボット等に搭載した実証機の仮作を行うことで、ロボット搭載テラヘルツ波イメージングに関する知見を得ることを目指している。

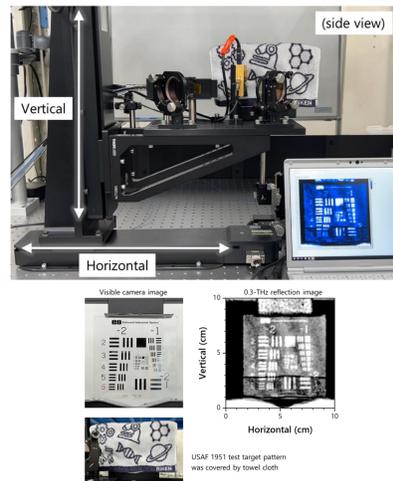
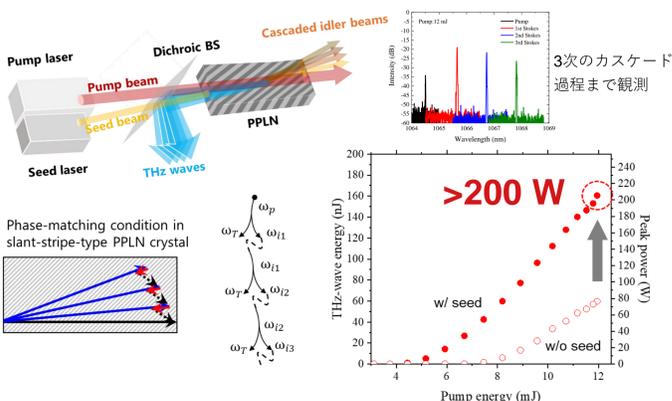
(1) 超小型非線形光学テラヘルツ波光源の開発
(2) テラヘルツ波・アップコンバージョン検出の開発

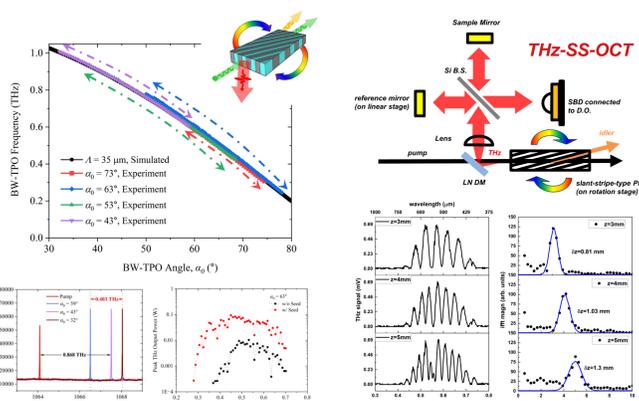
南出G (理研)

● 超小型BW-TPOモジュールの開発

開発した手のひらサイズのテラヘルツ波光源

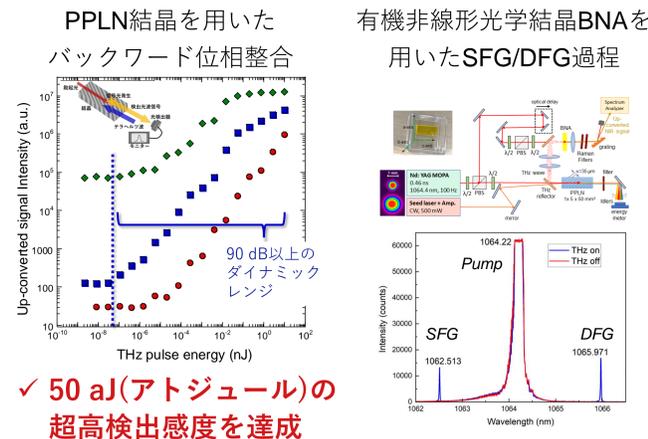
✓ ロボット搭載を想定して開発した超小型光源を自動移動ステージに搭載し反射イメージングを実証

✓ 2024年9月6日｜理化学研究所プレスリリース
「手のひらサイズの高輝度テラヘルツ波光源を開発」
✓ 特許第6810954号　✓ 特願2022-21012
✓ 特願2024-107103

● 光注入+カスケード過程による高出力化

✓ ジャイロトロン(大型装置)に匹敵する200 Wの高ピーク出力を達成

● 広帯域周波数可変性と光干渉断層測定

✓ 0.25–1.01 THzの周波数同調を実現
✓ 0.8 mmの奥行き分解能を達成

● アップコンバージョン(周波数上方変換)による高感度テラヘルツ波検出

PPLN結晶を用いたバックワード位相整合

有機非線形光学結晶BNAを用いたSFG/DFG過程

✓ 50 aJ(アトジュール)の超高検出感度を達成

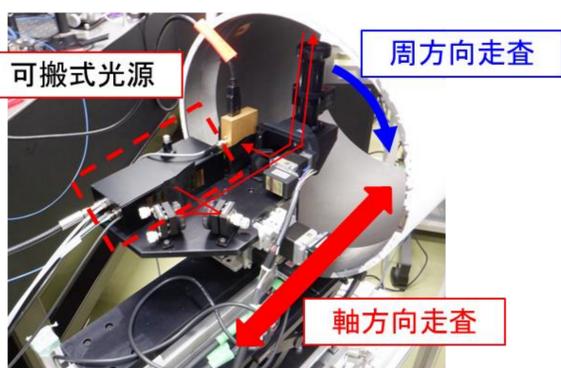
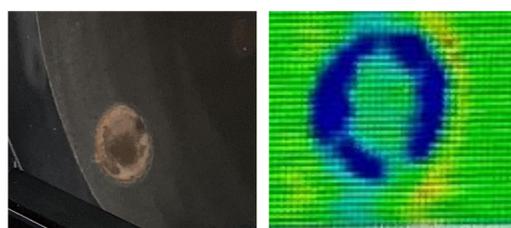
(5) テラヘルツ波システム搭載用ロボットの設計・試作

山本, 梶川G (三菱重工)

超小型テラヘルツ波光源を搭載したイメージング用ロボットを試作した。**イメージング対象として、発電プラントに使用されるポリエチレンライニング配管**を選択し、ライニング越しの腐食のテラヘルツ波反射イメージングを行った。

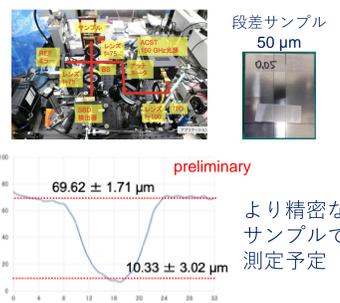
高輝度テラヘルツ波出力を活かし、配管中心から配管壁面に向かってテラヘルツ波を照射しながら軸方向および周方向に走査することで、高速で配管内面を反射イメージング可能とした。

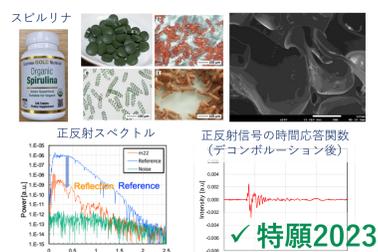
その結果、腐食部分によるテラヘルツ波の信号強度変化を検出することで、**腐食のイメージングに成功**した。

✓ 特願2022-036002
✓ 特願2022-036204
✓ 特願2023-139490

試作したイメージングロボット

配管サンプルに付与した腐食（左）とテラヘルツ波を用いたイメージング結果（右）

(3) イメージング計測の開発

大谷G (理研)

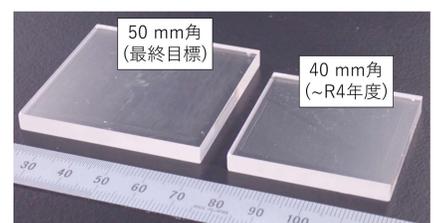
150 GHz 位相シフト干渉法による高奥行き分解能イメージング

より精密なサンプルで測定予定

テラヘルツ応用の開拓
～位相を乱雑化するテラヘルツ吸収体～
(パナック社ほかとの共同研究)

✓ 特願2023-200044

- THz帯の標準吸収体に匹敵する低散乱性
- 位相を乱雑化する機能性

(4) テラヘルツ波用周期分極反転素子の開発

平等G (理研)

周期分極反転非線形光学結晶(PPLN)の大口径化により、BW-TPOにおけるテラヘルツ波出力の向上と波長可変範囲の広帯域化へ

試作した大型周期分極反転素子
[厚さ: 5 mm, 周期: 35.0 μm]